



## **Proyecto de Investigación: Tarea Bonus Modulo III**

### **Título**

**instrucciones del módulo III de tareas adicionales**

### **Integrantes**

**Araiza Verdugo Angel Abraham**

**Santillán León Fernando Antonio**

**Prof: Zuriel Dathan Mora Felix**

## **Evolución Diferencial (DE): Conceptos Fundamentales**

La Evolución Diferencial (Differential Evolution, DE) es un algoritmo de optimización global, de naturaleza heurística y basado en la población. Fue introducido por Storn y Price en 1997 para resolver problemas de optimización continua no lineal, demostrando ser especialmente eficaz en espacios de búsqueda complejos y multimodales (con múltiples mínimos locales).

A diferencia de los Algoritmos Genéticos (AG) tradicionales, que dependen de la manipulación de variables codificadas (ej. binarias), DE opera directamente con vectores reales y utiliza una metodología de mutación guiada por la diferencia vectorial entre individuos.

### **1.1. Mecánica de la Evolución Diferencial (Estrategia DE/rand/1/bin)**

DE utiliza cuatro pasos iterativos principales para guiar la población hacia el óptimo, usando una estrategia específica, comúnmente DE/rand/1/bin:

1.1.1. Inicialización de la Población: Se genera una población inicial de NP vectores (soluciones candidatas) de forma aleatoria y uniforme dentro del dominio del problema.

1.1.2. Mutación (DE/rand/1): Para cada vector objetivo  $x_i$ , se crea un vector mutante  $v_i$ . Se seleccionan tres vectores distintos y aleatorios ( $x_{r1}$ ,  $x_{r2}$ ,  $x_{r3}$ ) de la población, y el vector mutante se calcula mediante la fórmula:

$$v_i = x_{r1} + F * (x_{r2} - x_{r3})$$

Donde:

- F es el Factor de Escala ([0, 2]), un parámetro que controla la magnitud de la perturbación (o paso de búsqueda).
- La diferencia vectorial ( $x_{r2} - x_{r3}$ ) proporciona la dirección y la distancia para el movimiento, basándose en la información de la propia población.

1.1.3. Cruce (Recombinación Binomial): El cruce se realiza entre el vector mutante  $v_i$  y el vector objetivo  $x_i$  para producir un vector de prueba  $u_i$ . La estrategia más común es la cruz binomia (bin), que mezcla las dimensiones de ambos vectores usando la Probabilidad de Cruce (CR).

1.1.4. Selección: El vector de prueba  $u_i$  compite directamente con el vector objetivo  $x_i$ . En problemas de minimización, el vector que tenga la menor aptitud sobrevive a la siguiente generación.

## 1.2. Ventajas y Desventajas de la Evolución Diferencial

Aspecto	Ventajas	Desventajas
Robustez	Alta capacidad para evitar mínimos locales debido a la mutación que explora el espacio de soluciones de forma amplia.	El rendimiento es altamente sensible a la elección de los parámetros de control (F y CR).
Simplicidad	Requiere solo unos pocos parámetros de control, lo que la hace fácil de implementar y aplicar.	Puede presentar una convergencia lenta en problemas unimodales o cuando se acerca al óptimo global.
Eficiencia	Demuestra ser muy eficiente para resolver problemas continuos y de alta dimensionalidad.	Su eficacia depende de una adecuada diversidad poblacional; si la población se vuelve homogénea, la diferencia vectorial se reduce a cero, paralizando la mutación.

## 2. Análisis Comparativo: Evolución Diferencial (DE) vs. PSO

El Algoritmo de Optimización de Enjambre de Partículas (Particle Swarm Optimization, PSO) y la Evolución Diferencial (DE) son metaheurísticas poblacionales, pero difieren fundamentalmente en cómo generan nuevas soluciones (exploración).

### 2.1. Diferencias y Similitudes

#### 2.2. Rendimiento en la Optimización

Característica	Optimización de Enjambre de Partículas (PSO)	Evolución Diferencial (DE)
----------------	--	----------------------------

Inspiración	Comportamiento Social (Vuelo de bandadas, cardúmenes).	Evolución Biológica (Selección natural y mutación vectorial).
Mecanismo de Búsqueda	Búsqueda dirigida por la memoria. Las partículas se mueven utilizando una velocidad influenciada por su mejor posición personal ( $p\_best$ ) y la mejor posición global ( $g\_best$ ).	Búsqueda guiada por la población. Los nuevos individuos se generan mediante operaciones vectoriales (resta y suma) sobre posiciones de otros miembros de la población.
Memoria	Explícita (cada partícula guarda su $p\_best$ ).	Implícita (solo se guarda el mejor individuo global $g\_best$ ).
Operador Principal	Actualización de Velocidad/Posición basado en la inercia y la atracción hacia $p\_best$ y $g\_best$ .	Mutación basada en la diferencia vectorial y Cruce binomio.

Velocidad de Convergencia:

- PSO: Muy rápido en la convergencia inicial, especialmente en problemas unimodales (con un solo óptimo).
- DE: Moderado. Mantiene una mayor diversidad poblacional, lo que ralentiza la convergencia, pero garantiza una búsqueda más profunda.

Escape de Mínimos Locales:

- PSO: Limitada. Tiende a agruparse rápidamente alrededor de  $g\_best$ , lo que puede llevar a una convergencia prematura en un mínimo local.
- DE: Superior. La mutación basada en diferencias ofrece un mecanismo robusto para "saltar" los mínimos locales y explorar nuevas regiones.

Idoneidad del Problema:

- PSO: Ideal para problemas simples, rápidos y de baja complejidad o cuando se requiere una solución aproximada veloz.
- DE: Excelente para problemas multimodales complejos (como Rastrigin) y de alta dimensionalidad, donde la exploración profunda es vital.

### 3. Conclusión

El algoritmo de Evolución Diferencial (DE/rand/1/bin) implementado demuestra ser una metaheurística poderosa para la optimización continua. Su fuerza reside en el mecanismo de mutación basado en diferencias vectoriales, que proporciona una robustez superior para explorar espacios de búsqueda complejos, superando la tendencia del PSO a la convergencia prematura en problemas multimodales como la Función de Rastrigin.

Mientras que PSO es más simple y puede ser más rápido en problemas unimodales, DE es la elección preferida cuando el paisaje de aptitud es rugoso y complejo, haciendo un uso más efectivo de la información vectorial de la población.